

CLIPPEDIMAGE= JP404095853A
PAT-NO: JP404095853A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 04095853 A
TITLE: EVALUATING APPARATUS FOR SEMICONDUCTOR IN
NONCONTACT MANNER

PUBN-DATE: March 27, 1992

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

HONMA, NORIAKI

MUNAKATA, TADASUKE

KATO, HISAYUKI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

HITACHI LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP02211716

APPL-DATE: August 13, 1990

INT-CL (IPC): G01N021/00; G01N027/60

US-CL-CURRENT: 356/445

ABSTRACT:

PURPOSE: To eliminate need of formation of an electrode and application of bias voltage to a specimen and allow evaluation of a thin nitride film thinner than a specific thickness by obtaining film potential of the nitride film formed on a surface of a semiconductor from a size of ac photo voltage.

CONSTITUTION: A continual light beam is applied to a desired position of a semiconductor wafer 1 after transmitting via a light beam scanning optical system 9 comprising a galvano mirror and a lens through a transparent electrode 3 and glass 4. Ac photo voltage is generated on the wafer 1 by the application of the continual light 5. The ac photo voltage is detected in a noncontact manner through capacitance coupling comprising a gap

between the transparent
electrode 3 and a specimen surface. The sensed ac photo
voltage signal is
amplified by a preamplifier 11 which can convert from
high input impedance to
low impedance, and then detected synchronously with an
electrical output signal
of an oscillator 8 by a synchronous wave detector 12.
The output signal of the
synchronous wave detector 12 is made into a digital
signal in an A/D- converter
13 and processed in an MPU 15 via an interface 14. Thus
evaluation of a thin
nitride film 10 mm or thinner is possible.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio

⑫ 公開特許公報(A) 平4-95853

⑤ Int. Cl.⁵G 01 N 21/00
27/60

識別記号

Z

庁内整理番号

7529-2J
7529-2J

⑬ 公開 平成4年(1992)3月27日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 非接触半導体評価装置

⑯ 特 願 平2-211716

⑰ 出 願 平2(1990)8月13日

⑱ 発 明 者 本 間 則 秋 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑲ 発 明 者 棟 方 忠 輔 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑳ 発 明 者 加 藤 久 幸 東京都小平市上水本町5丁目20番1号 株式会社日立製作所半導体設計開発センタ内

㉑ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉒ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

非接触半導体評価装置

2. 特許請求の範囲

1. 半導体ウエハを載せ、かつ一方の電極を兼ねる金属性試料台と、該金属性試料台に設置された半導体ウエハの表面と空隙を介して対向設置された透明電極と、該半導体ウエハのキャリア拡散長よりも十分に浅い侵入長をもつ光波長の光源と、該光源から放射される光ビームを強度変調する光変調器と、該光変調器の変調入力信号源となる発振器と、強度変調を受けた光ビームを上記透明電極を通して半導体ウエハの所望の位置へ所望の光ビームスポット直径で照射するための光学系と、変調光照射により発生した交流光電圧を高感度で検出する同期検波型増幅器からなる交流光電圧利用の非接触半導体評価装置において、交流光電圧の大きさから半導体表面に形成した窒化膜の膜電荷を求める信号処理手段を付加し、窒化膜の膜質を判別する判別

手段と該判別された半導体ウエハを選別する選別手段とを有することを特徴とする非接触半導体評価装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は窒化膜の検査装置に係わり、特に膜形成直後の窒化膜の膜質変動を電極形成なしで評価するのに好適な非接触窒化膜検査装置に関する。

〔従来の技術〕

従来、反応炉で形成された後の窒化膜の評価はエリブソメータにより膜厚についての品質管理が行われている。これに対して窒化膜の電気的特性に関する膜質の評価は、チャージ・ストレージ・アンドディストリビューション イン ザ ナイトライド レイヤー オブ ザ メタル・ナイトライド・オキサイド セミコンダクター ストラクチャーズ ブイ. ジェ. カプーア アンド アル. エー. ツーリ. Charge storage and distribution in the nitride layer of the metal-nitride-oxide semiconductor structures,

J. Appl. Phys. 52(1), January 1981 V.J. Kapoor and R.A. Turi の第312頁 Fig 2 に記載されているように、MNO S (Metal Nitride Oxide Semiconductor) 構造の試料を造り、C-V (容量-電圧) 法などによって行なわれている。この方法は、MNO S 構造の試料にバイアス電圧を印加し、その時に生じる静電容量変化からフラットバンド電圧を求めて、窒化膜の膜電荷を評価する技法である。

〔発明が解決しようとする課題〕

電気特性に関する窒化膜膜質評価の従来法は、C-V 法に代表されるように、試料に電極を形成する必要がある。このため、電極形成工程が追加されるので電極形成時に発生する汚染や歪みなどの影響のために試料の特性が変化してしまう問題がある。また、バイアス電圧印加により被測定試料の電気的特性が変化する懸念がある。しかも、窒化膜は膜中の欠陥密度が酸化膜に比べて数桁大きいのでリーク電流も大きく、窒化膜の膜厚が薄くなるとC-V 法による測定は困難になる。この

ため、集積度が増すにつれて薄くなるDRAM用窒化膜の膜質を評価できない問題がある。

本発明の目的は、試料に電極形成が不要かつバイアス電圧の印加も不要な非破壊測定で、10 nm 以下の薄い窒化膜の評価が可能な非接触半導体評価装置を提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

上記目的は、半導体試料を断続光照射して生じる交流光電圧を、試料表面上に空隙を介して設置した透明電極からなる静電容量結合を利用して非接触で測定し、それを信号処理して窒化膜の膜質に変換することにより達成される。

窒化膜は酸化膜に比べて多量の欠陥密度を持っており、それらの欠陥は電子や正孔に対するトラップ単位をつくる。これまで公になった論文から、トラップは、正の電荷を持つ場合と負の電荷を持つ場合があることが知られている。

半導体の表面に形成された窒化膜中に電荷が存在すると、その電荷 Q_{sn} が半導体表面に表面電荷 Q_s を誘起し、表面電位 ϕ_s を発生させることは

知られている。半導体がp型の場合、 $Q_{sn} > 0$ であれば表面電位によりp型半導体表面には空乏層が形成される。同様に、n型の場合は、 $Q_{sn} < 0$ の時に空乏層が形成される。表面が弱反転か空乏状態にある時、空乏層幅 w と Q_s との間には次の関係がある。

$$Q_s = q N_s w \quad \dots(1)$$

ここで、 q は電子電荷、 N_s は半導体の不純物濃度である。空乏層があると、空乏容量 C_d (単位面積あたりの空乏容量 $c_d = \epsilon_s / w$)が存在する。ここで、 ϵ_s はシリコンの誘電率である。

次に、窒化膜の付いた半導体に周波数 f (角周波数 ω)で強度変調した光を照射すると、交流光電流 I_{ph} が空乏層容量に流れ、交流光電圧 V_{ph} が発生する。

周波数 f が電界誘起型接合の遮断周波数 f_c よりも高くて $f > f_c$ の時、 V_{ph} は

$$V_{ph} = K (I_{ph} / \omega C_d) \quad \dots(2)$$

で表される。ここで、 K は光反射率や光強度で表まる定数である。照射光に対する半導体の吸収係

数を α とし、半導体におけるキャリア拡散長を L とすると、 $\alpha L > 1$ の時 I_{ph} は L に依存しない一定値となる。これより V_{ph} は空乏容量にのみ依存するようにできる。従って、窒化膜電荷 Q_{sn} が変化すると表面電荷 Q_s が変化し、空乏容量 C_d も変化する。 C_d が変化するすると光電圧 V_{ph} が変化する。これより、逆に V_{ph} の変化から Q_{sn} の変化がわかる。

n型半導体の場合は Q_{sn} の符号が反応になるだけで、p型と同様である。

〔作用〕

酸化膜に比べて誘電率の大きい窒化膜はDRAM用キャパシタの絶縁膜として用いられる。この場合、窒化膜の電気的特性がキャパシタの性能を左右する。一方、窒化膜は通常、熱CVD (Chemical Vapor Deposition) 法で形成される。この時、量産工程では一度に反応炉で100枚前後のウエハ試料に窒化膜を形成する。通常、ウエハは10 mm 前後の間隔で反応炉内に並べられるが、温度や反応ガスの不均一性のため、形成される窒化膜の特

性がウエハ面内で変化し、そしてウエハ毎にも変動することがある。このような特性の違いがあると、結果的に素子特性変動あるいは素子特性不良を引き起こし、歩留まりを低下させる。

本発明は、反応炉で形成した直後の窒化膜を交流光電圧を利用して非破壊評価し、膜質変動の大きい窒化膜試料を選別することによって、上記問題を解決する。

第2図は、窒素膜厚を一定にした時の交流光電圧の生成ガス流量比 r_s ($r_s = \text{NH}_3$ のガス流量 / $\text{SiH}_4, \text{C}_2\text{H}_6$ のガス流量) 依存性についての実験結果を示す。生成ガスの一つ $\text{SiH}_4, \text{C}_2\text{H}_6$ がもう一方の反応ガス NH_3 に比べて流量が大きくなるにつれて、形成される窒化膜の組成が Si_3N_4 からずれて Si リッチな膜質になることが知られている。また、交流光電圧は窒化膜電荷の変化を反映するが、第2図では r_s が減少すると p 型ウエハの光電圧が上昇している。この実験結果は、 Si がリッチな膜質になると窒化膜中に正の電荷が増え、 p 型ウエハにおける交流光電圧が上昇す

ることを表わしている。従って、本発明によれば、交流光電圧の大きさから窒化膜の膜質を評価できる。

第3図は r_s を一定にして交流光電圧の窒化膜厚依存性を測定した結果を示す。10nm以下の膜厚でも数 μV 以上の信号強度がある。信号検出の雑音レベルは約1 μV 以下なので、この結果は10nm以下の膜厚についても十分に評価可能であることを示す。

【実施例】

以下、本発明の一実施例を第1図により説明する。被測定試料であるシリコン・ウエハ1は、ウエハカセット23の中からロボットアーム機構22により取り出され、ウエハ受け台25に載せられる。ロボットアーム機構22がウエハ1から離れた後にウエハ受け台25が下降し、ウエハ1を金属試料台2に設置する。金属試料台2はウエハの交換時には a' で示す位置にあるが、ウエハ設置後は上下移動機構21により、 a で示す位置に移動する。この時、ウエハ上方にあるガラス板

4の下面に付いている透明電極3とウエハ表面との空隙は50 μm 程度にする。一方、半導体ウエハ1のキャリア拡散長よりも十分に浅い侵入長を持つ光源6からの光は、発振器8からの電気信号を入力信号とする光変調器7によって強度変調される。この結果、光変調器7からでる光は断続光となっている。断続光ビームは、ガルバノミラとレンズからなる光ビーム走査光学系9を経て、透明電極3とガラス4を透過した後、半導体ウエハ1の所望の位置を照射する。断続光5の照射により半導体ウエハ1には交流光電圧が発生する。発生した交流光電圧は、透明電極3と試料表面間の空隙からなる静電容量結合により、非接触で検出される。透明電極によって検知された交流光電圧信号は、高入力インピーダンスから低インピーダンスへインピーダンス変換可能な前置増幅器11で増幅されたあと、同期検波器12で発振器8の電気出力信号と同期検波される。同期検波器12の出力信号はA/D変換器13でデジタル信号とされ、インターフェイス14を介してマイクロ・

コンピュータ15で処理される。処理された結果は測定値記憶装置18に記録されると同時に、表示装置16に出力される。ここで、第2図に示した交流光電圧の生成ガス流量比依存性のデータを、入力端末17から参照データ記憶装置18'に入力しておけば、マイクロ・コンピュータ15により測定値記憶装置18のデータと参照データ記憶装置18'のデータとの比較を行ない、測定した交流光電圧からガス流量比に対応する窒化膜の膜質を評価可能にする。さらに、従来法で測定して予め組成が既知である窒化膜によって目標値を決定し、その結果を参照データ記憶装置18'に記憶しておけば、マイクロ・コンピュータ15を用いて測定結果を目標値比較することにより、膜質変動の大きい試料を判別できる。面内分布の測定は、ガルバノミラ制御駆動回路10に指令を出して光ビーム走査光学系9のガルバノミラを走査させることにより、ウエハ全面についての測定も可能になる。測定終了後は、マイクロ・コンピュータ15が移動台制御駆動回路21に指令をだすこ

とにより、試料台 2 が a' の位置に移動し、ウエハ受け台 25 がウエハ交換の位置まで上昇する。次に、ロボットアーム機構 22 がウエハ裏面に侵入し、ウエハを吸着してカセットに戻す。この時測定値が目標値の許容限度以内にあれば、マイクロ・コンピュータ 15 はロボットアーム制御駆動回路 19 に指令をだし、ウエハを元のウエハカセット 23 に戻す。しかし、測定値が許容限度を越えた値の場合、マイクロ・コンピュータ 15 は、そのウエハをウエハカセット 24 に入れるよう指示する。このようにして窒化膜の選別を行なう事ができる。

〔発明の効果〕

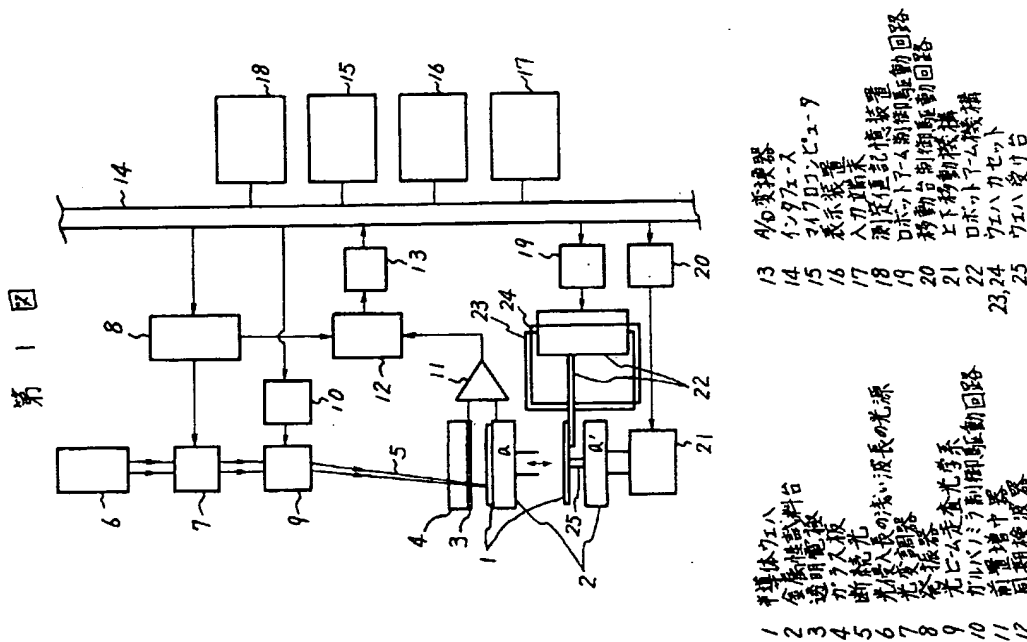
本発明によれば、交流光電圧を利用することにより非接触・非破壊で窒化膜の膜質を評価できるので、反応炉で形成した直後の時点で窒化膜の膜質不均一性を検査できる。

4. 図面の簡単な説明

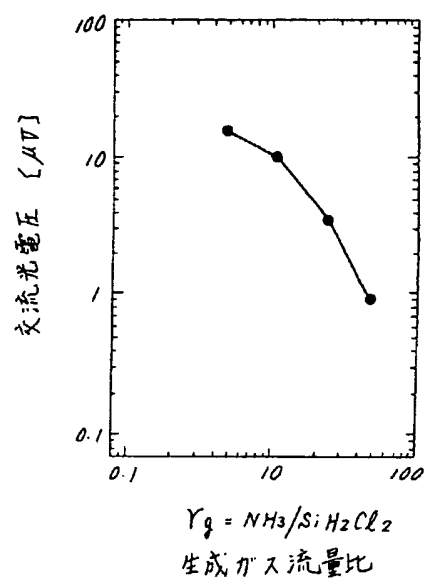
第 1 図は本発明の実施例を示す図、第 2 図は交流光電圧の窒化膜生成用ガス流量比依存性についての実験結果を示す図、第 3 図は、交流光電圧の窒化膜依存性についての実験結果を示す図である。

1…半導体ウエハ、2…金属性試料台、3…透明電極、4…ガラス板、5…断続光、6…光侵入長の浅い波長の光源、7…光変調器、8…発振器、9…光ビーム走査光学系、10…ガルバノミラ制御駆動回路、11…前置増幅器、12…同期検波器、13…A/D変換器、14…インターフェイス、15…マイクロ・コンピュータ、16…表示装置、17…入力端末、18…測定値記憶装置、18'…参照データ記憶装置、19…ロボットアーム制御駆動回路、20…移動台制御駆動回路、21…上下移動機構、22…ロボットアーム機構、23, 24…ウエハカセット、25…ウエハ受け台。

代理人 弁理士 小川勝男



第 2 図



第 3 図

